

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

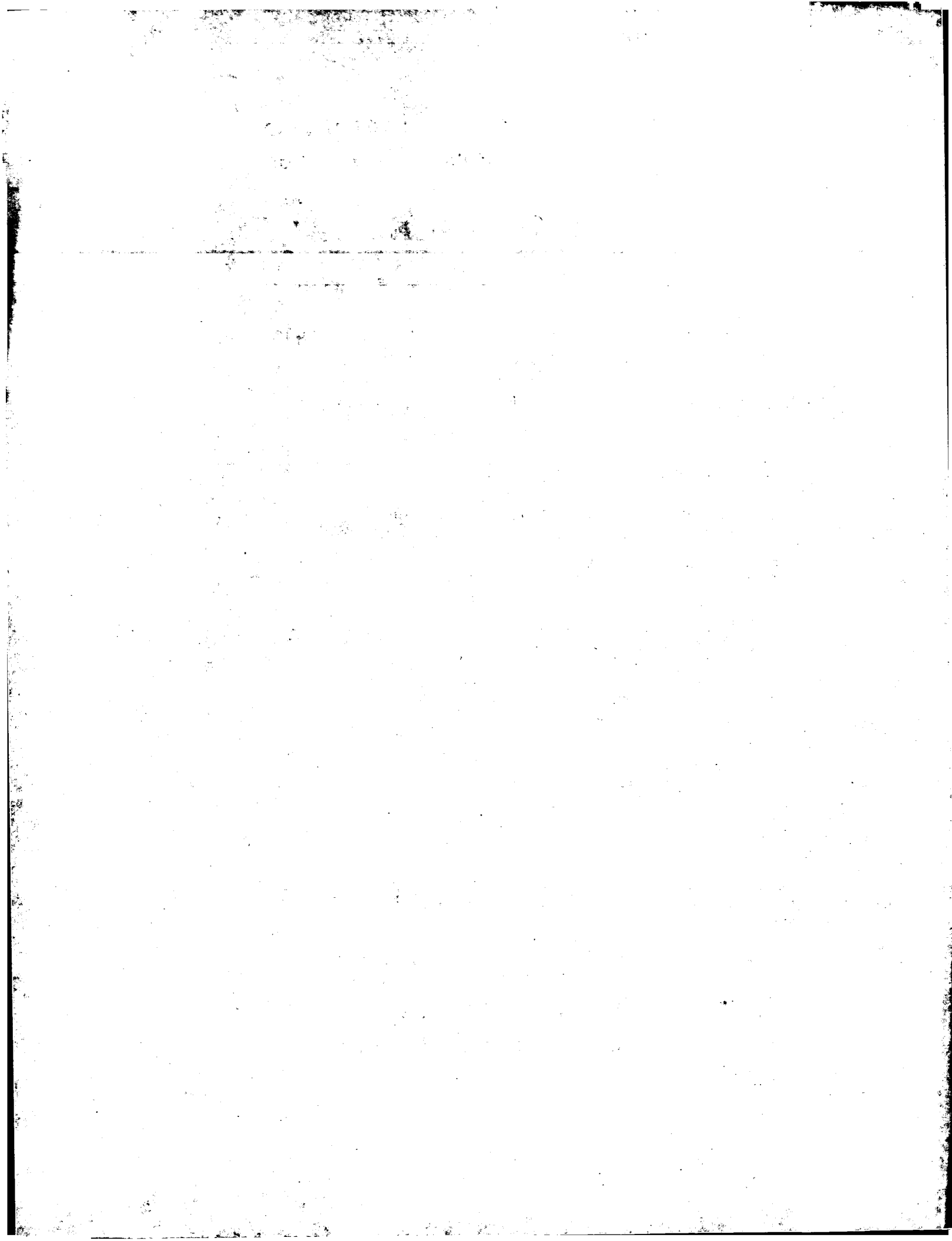
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 3-129606

**AERIAL POWER CABLE**

[Translated from Japanese]

[Translation No. LP991082]

JAPANESE PATENT OFFICE (JP)

PATENT JOURNAL (A)

KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 3-129606

Int. Cl.<sup>5</sup>: H 01 B 5/08

Identification code:

Sequence Nos. for Office Use: 2116-5G

Application No.: Hei 1-228797

Application Date: September 4, 1989

Priority Claim No.: Hei 1-19229

Priority Claim Date: July 27, 1989

Publication Date: June 3, 1991

No. of Inventions: 4 (Total of 7 pages)

Examination Request: Not requested

AERIAL POWER CABLE

[*Kakuh sohden'sen*]

Applicant: Hitachi Cable Corp.  
2-1-2 Marunouchi  
Chiyoda-ku, Tokyo

Inventors:

Kiyoshi Shimojima  
c/o Hitachi Cable Corp.  
Metal Research Lab.  
3550 banchi, Amachi-cho  
Kida, Tsuchiura-shi  
Ibaragi-ken

Okihiro Ohshima  
c/o Hitachi Cable Corp.  
Toyoura Plant  
1500 banchi, Kawajiri-cho  
Hitachi-shi, Ibaragi-ken

Shuhji Hida  
c/o Hitachi Cable Corp.  
Toyoura Plant  
1500 banchi, Kawajiri-cho  
Hitachi-shi, Ibaragi-ken

Agent:

Fujio Satoh  
Patent attorney

*[There are no amendments to this patent.]*

Specification

-1. Title of the invention

Aerial power cable

2. Claims of the invention

(1) An aerial power cable made of FRP (Fiber-Reinforced Plastic) wire produced by binding an organic or inorganic fiber having a high tensile strength such as aramide fiber,

silicone carbide fiber, or carbon fiber as a tension fiber, and providing a synthetic resin with high strength as the binder in a linear-shape; the aerial power cable is characterized by the fact that the single cable or multiple cable is covered with a metallic casing consisting of a metallic tape wrapped around or attached longitudinally.

(2) The aerial power cable described in Claim 1 above in which a perforated tape is used for the metal tape used for the casing.

(3) An aerial power cable in which a carbon fiber or silicon carbide fiber is used as the tension member and bound with an epoxy resin that serves as the parent phase, and coating is further performed with a polyimide resin or wrapping is done with a polyimide film and cabling is carried out for an FRP fiber used as the wire element.

(4) An aerial power cable in which cabling is carried out for an FRP fiber produced by binding carbon fiber or silicon carbide fiber with an epoxy resin that serves as the parent phase, and bonding is carried out in the space between the cabled wire elements with a polyimide resin or the cable is coated with a polyimide resin.

### 3. Detailed description of the invention

#### -[Field of industrial application]

The present invention pertains to an aerial power cable and the invention further pertains to an improved aerial power cable having reduced weight of the power cable itself, a significantly improved relaxation of the aerial cable, and a cable which is capable of reducing the height of the steel tower.

[Prior art]

In the past, a steel-cored aluminum cable such as the one shown in Fig. 14 has been used for aerial power cables for transmission of electrical power from the power source.

[p. 2]

In which, 1 are galvanized steel wires that serve as the tension member, and the galvanized steel wires are formed into a cable to produce a steel core and aluminum wire elements 2,2 are formed and serve as the electrical conduction member.

In recent years, the demand for power has been increasing, and attempts are being made to increase the power capacity using the same power lines or to build steel towers as low as possible to reduce the overall cost.

As a means to increase the power transmission capacity of the power line without increasing the outer diameter of the power line or increasing the height of the steel tower,

(1) a method wherein the strength-to-weight ratio (tensile strength/unit weight) is increased so as to keep an adequate tension with a thin power line, and the cross section area of the aluminum wire elements that form the electrical conduction members is increased instead.

(2) a method wherein an amber wire having a coefficient of expansion of the wire 1/10 that of steel wire is used for the core instead of conventional galvanized steel wire to increase the energy capacity of the power line, and when heat is generated as a result of energy and overall thermal expansion of the power line occurs and an amber line having a low coefficient of expansion is used as the tension member, a reduction in the loosening of the aerial line can be achieved.

(3) A method wherein an FRP wire produced by binding an aramide fiber or carbon fiber having a weight approximately  $1/5$  that of steel with a resin having a high strength such as a polyester type resin or an epoxy type resin instead of the above-mentioned galvanized steel wire or amber wire so as to reduced the weight of the wire itself while maintaining the strength of the tension member, and to reduce the degree of loosening of the wire based on the weight itself, have been suggested.

[Problems to be solved by the invention]

Among the above suggestions, power lines wherein an amber line is used as the tension member described in (2) are being used in practice, and it is possible to reduce the coefficient of expansion of the amber wire itself, but the strength remains inadequate compared with steel wire; thus, it has not been possible to use the method suggested in (1) where the thickness of the tension member is reduced and the cross section area of the electrical conduction member is increased. Furthermore, the weight of the amber wire is approximately the same the weight of the conventional galvanized steel wire, and it is necessary to hang the aerial wire uniformly. As for the suggested solution described in (3), it has been said that the strength is greater than steel depending on the type of fiber used, and that it can be applied to the solutions suggested in (1) and (2). However, the heat resistance of the plastic used as a binder for the above-mentioned FRP wire is very low compared with the metal used in suggested methods (1) or (2) above, and ignition may occur at high temperatures. Furthermore, the bend resistance and impact resistance of FRP



wires made of resins such as the above-mentioned polyester type resin or epoxy type resin are poor. Therefore, in the case when a power line having the above-mentioned FRP wire as the tension member have yet to be produced, and it is not possible to use the hoisting drum used for conventional power lines, and it is necessary to increase the diameter of the wheel of the drawing car at the time of line construction, or to increase the radius of the metal wheel suspended from the steel tower so as to avoid sharp bending of the electrical wire.

Also, the heat resistance is inadequate when an epoxy type resin is used, and despite the high heat resistance of the above-mentioned fiber, which is 1200~2500°C, the temperature of the electrical wire in which the FRP is used as the tension member is approximately 150°C, at the most, as a result, the effect of the reduction in the coefficient of expansion of the wire compared to the above-mentioned ~~amber~~ wire cannot be achieved in this case. Furthermore, thermal deterioration is expected with long-term use, which poses a problem when used as the tension member for aerial power cables where long-term reliability is required.

Based on the above background, the objective of the present invention is to produce an aerial power cable having a new type of FRP wire as the tension member, wherein an FRP wire is used as the tension member and production is carried out with a production device, aerial jigs, or aerial parts used for conventional steel core and aluminum element wires.

[p. 3]

## [Means to solve the problem]

The present invention is an aerial power cable wherein the single cable or multiple cables are covered with a casing consisting of a metallic tape wrapped around or attached longitudinally in an aerial power cable made of FRP (Fiber-Reinforced Plastic) wires produced by binding organic or inorganic fibers having high tensile strength such as aramide fibers, silicone carbide fibers, or carbon fibers as the tension fiber, and a synthetic resin binder with high strength as a binder in a linear shape.

In the above-mentioned aerial power cable, a perforated tape is used for the metal tape used for the casing, and carbon fibers or silicon carbide fibers are used as the tension member and are bound together with an epoxy resin used as the parent phase, and further coating with a polyimide resin is carried out or wrapping with a polyimide film is performed and cabling is carried out for the FRP fiber used as the wire element; furthermore, cabling is performed for an FRP fiber produced by binding a carbon fiber or silicon carbide fiber with an epoxy resin used as a parent phase, bonding is performed for the space between the cabled wire elements with a polyimide resin or the cable is coated with a polyimide resin.

## [Work of the invention]

When a metal casing made of a metal tape is formed around the FRP wire, the above-mentioned metal tape functions as a buffer layer and brittleness of the FRP wire upon bending or under impact can be reduced significantly. At the same time, thermal

deterioration of the resin inside can be effectively prevented and an aluminum cable reinforced with FRP having long-term reliability can be produced.

Furthermore, the effect of the above-mentioned buffer layer can be adequately maintained even when a polyimide resin having a high heat resistance and high strength is used instead of the above-mentioned metal tape.

#### [Application Examples]

In the following, the present invention is explained in further detail with drawings.

Fig. 1 is a cross-section diagram that shows an application example of the aerial power cable of concern in the present invention.

In the figure, 4 are the FRP wires that serve as tension members, 3 are the metal tapes formed around the tension members, and 2 are the aluminum wire elements that surround the above-mentioned tension member.

Fig. 2 shows a specific structural example of an FRP wire used as the tension member as described above, and Fig. 2(a) is the front [side] view and Fig. 2(b) is the cross-section view. In the application example, a metal tape is tightly wrapped around the wire as shown in the figure, and [thereby] metal outer casing 3 is formed around the FRP wire.

Furthermore, Fig. 3 shows a different application example, and Fig. 3(a) is an explanatory front view and Fig. 3(b) is the cross-section view. In the application example, a metal tape is attached longitudinally and the butt ends are not bonded so that opening 3a is formed.

Unlike the case of extrusion coating where the wire is coated entirely with the metal, a partial opening is provided in this case so as to prevent expansion and subsequent rupturing due to gas generated from the resin used as a binder and trapped inside the metal.

Thus, in the case of the present invention, unless the perforated tape described below is used, it is important to avoid completely sealing the FRP wire inside the metal cladding.

Fig. 4 and Fig. 5 each show different application examples, and the FRP wire consisting of the cable itself, and a metal casing made of a metal tape is formed around the cable.

In other words, Fig. 4 shows the case where a metal tape is wrapped around a cable made of FRP wire 4 so as to form a metal casing. Fig. 3(a) is an explanatory front view and Fig. 3(b) is the cross-section view. Item 5 in Fig. 4 is a plastic, and for example, an adhesive such as an epoxy adhesive is coated around the FRP wire at the time of winding the metal tape, and the metal tape is wrapped around the adhesive to form the metal casing, the adhesive is subsequently cured and forms an inclusion plastic.

Fig. 5 is an example wherein a cable is used for the FRP wire, and a metal tape is attached longitudinally and the butt ends of the tape are overlapped. Fig. 5(a) is the explanatory front view and Fig. 5(b) is the cross-section view.

[p. 4]

It is important to simply overlap the edges 3b without bonding them, in this case as well, and the overlapped area allows the gas generated from the FRP wire to escape.

Fig. 6 shows a different application example of metal tape A used as a metal casing, and Fig. 6(a) shows the top view, and Fig. 6(b) shows the cross section view at A-A of Fig. 6(a).

In the application example, openings 6, 6 are provided in the tape used as the metal casing as shown in the figure. When the above-mentioned perforated tape 3A is used, the gas generated from the FRP can be released through the openings, even when the butt ends of the metal casing are sealed by means of fusion, etc.; thus, expansion and rupturing of the metal casing due to trapped gases can be avoided.

In this case, for the tape used for the metal casing of the present invention, an aluminum tape, aluminum alloy tape, steel tape, galvanized steel tape, etc. can be mentioned, and the selection can be made appropriately.

Furthermore, it is necessary to prevent trapping of the gases generated from the FRP wire in the present invention as described above, and when a method wherein the butt ends of the tape are overlapped is used, it is necessary for the overlapping portion to be as narrow as possible, and it is further desirable when a small gap is formed. Even when the width of the overlapping portion is reduced or a gap is formed in the present invention, deterioration in strength does not occur.

When the metal casing is formed around the FRP wire used as the tension member of the aerial power cable, the advantages of the FRP wire itself can be maintained and disadvantages are compensated for by the metal casing, and production of a aerial power cable that is light weight and has high tensile strength is made possible, and long-term reliability can be established.

Fig. 7 shows a different application example of an element wire used for the tension member of the present invention, in which polyimide layer 10 is coated around the FRP wire 4 produced by binding carbon fibers or silicon carbide fibers with an epoxy resin.

The softening point of the polyimide resin is 700°C and deterioration in strength at high temperatures is insignificant, and it is a highly stable material; furthermore, the above-mentioned resin is widely used as a coating material for heat resistant enamel wires.

Thus, when coating of the above-mentioned polyimide is performed, an excellent buffering layer can be produced, though the effect achieved is poor compared to that of the above-mentioned metal tape, the above-mentioned disadvantage of the FRP wire itself can be improved significantly, and [the FRP wire] can be effectively used as a tension member. As for the fiber used in this case, either carbon fiber or silicon carbide fiber is suitable from the standpoint of high strength and weather resistance.

Fig. 8 shows the case in which wrapping of a polyimide film is carried out instead of coating with polyimide to produce polyimide layer 10, and the same good effect can be achieved in this case as well.

Fig. 9 is a cross-section view that shows an application example of the present invention wherein wire elements having polyimide layers 10 on FRP wires are cabled to form a tension member and aluminum wire elements 2, 2 are placed around the cable.

In the application example, each FRP wire is coated with a polyimide layer as described above, but a cable is first formed with the FRP wire and bonding can be performed with a polyimide resin as shown in Fig. 10, and Fig. 10(a) is the front view of the application example, and Fig. 10(b) is the cross-section view.

Fig. 11 shows another different application example, in which tension members 4, 4 are arranged as element wires, and coating is performed for the element wire with a polyimide film as shown so as to produce polyimide layer 10, and Fig. 11(a) is an explanatory drawing and Fig. 11(b) is the cross section view, and the same excellent results can be achieved in this case as well.

[p. 5]

Fig. 12 shows the results of heat resistance test of FRP wire plotted where the structure of the FRP wire is represented by the horizontal axis. As shown in the figure, compared with an FRP wire impregnated with an epoxy resin alone, an increase in the heat resistance can be observed when a polyimide coating is applied. When an FRP wire is produced by impregnating polyimide alone, maximum heat resistance can be achieved, however, polyimide is very expensive, and when the cost factor is taken into consideration, the structures described in the above-mentioned application examples are desirable.

Fig. 13 shows an explanatory drawing of production of a specific example of a wire element member of the present invention, in which fiber yarns 4a are supplied from bobbins 20, epoxy is impregnated in pressurized dip tank 21 and squeezed out to form a filament, drying is done in drying furnace 22, coating of polyimide layer is carried out in the polyimide coating device 23 (the device may be a polyimide tape wrapping device as well), and drying is further performed by drying furnace 24.

In this case, wrapping of new fiber can be performed after dipping in epoxy and drying or polyimide layer formation process can be carried out after wrapping as well.

## [Effect of the invention]

As described above, in the aerial power cable of the present invention, the weight of the power line itself can be reduced and loosening of the aerial power cable can be significantly reduced. Thus, the present invention is very useful since steel towers with reduced height can be used and an adequate energy supply capacity can be attained.

**4. Brief description of figures**

Fig. 1 is a cross-section view that shows an application example of the aerial power cable of concern in the present invention. Fig. 2 shows a specific structural example of the FRP wire used as the tension member described above, and Fig. 2(a) is the front view and Fig. 2(b) is the cross-section view. Furthermore, Fig. 3 shows a different application example, and Fig. 3(a) is the explanatory front view and Fig. 3(b) is the cross-section view. Fig. 4 and Fig. 5 each show different application examples, and in Fig. 4 and Fig. 5, (a) is the explanatory front view and (b) is the cross-section view. Fig. 6 shows a different application example with metal tape A used as a metal casing, and Fig. 6(a) shows the front view, and Fig. 6(b) shows the cross-section view at section A-A of Fig. 6(a). Fig. 7 shows the cross-section view of a different application example of element wire used as a coating layer. Fig. 8 shows the case where a polyimide film is used as a wrapping layer, and Fig. 9 shows a cross-section view of the power line where an FRP wire coated with polyimide is used as the tension member. Fig. 10(a) is the front view of the FRP cable bonded with polyimide layer, and Fig. 10(b) is the cross-section view. Fig. 11(a) is an explanatory drawing wherein element wires are



arranged and wrapping with a polyimide tape is carried out, and Fig. 11(b) is the cross-section view. Fig. 12 is a chart showing the heat resistance test results, Fig. 13 is a schematic diagram of the production device used for the polyimide coated FRP wire, and Fig. 14 is a cross-section view that shows a conventional steel-cored aluminum cable wire.

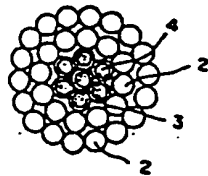
[Explanation of codes]

- 1: Galvanized steel wire
- 2: Aluminum element wire
- 3: Metal casing
- 3A: Metal tape
- 4: FRP wire
- 5: Plastic
- 6: Perforation
- 10: Polyimide layer
- 20: Bobbin
- 21: Pressurized dipping tank
- 22: Drying furnace
- 23: Polyimide coating device
- 24: Drying furnace

Applicant: Hitachi Cable Corp.

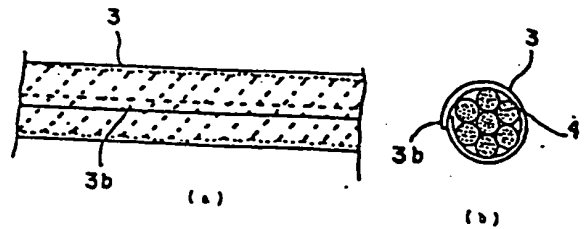
Agent: Fujio Satoh, Patent attorney

[Fig. 1]

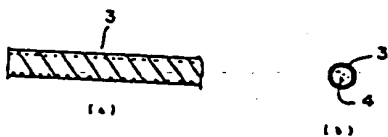


- 2: Aluminum wire element
- 3: Metal casing
- 3A: Metal tape
- 4: FRP wire
- 5: Plastic

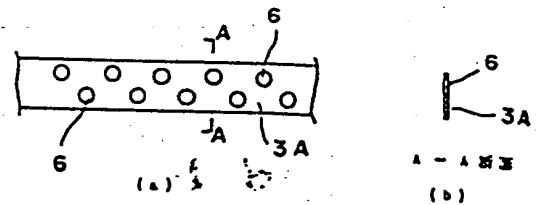
[Fig. 5]



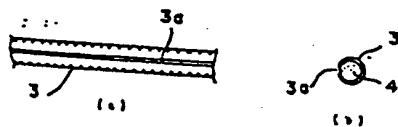
[Fig. 2]



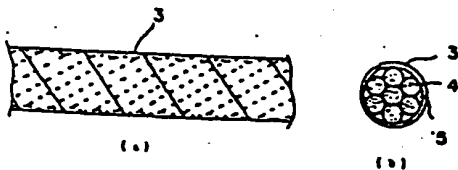
[Fig. 6]



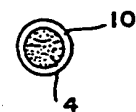
[Fig. 3]



[Fig. 4]

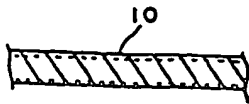


[Fig. 7]

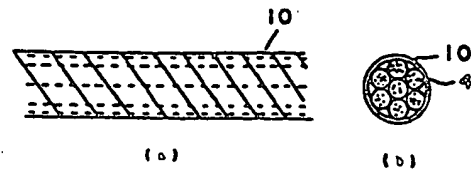


- 3: Metal casing
- 3A: Metal tape
- 3b: Overlapped edges
- 4: FRP wire
- 6: Perforation
- 10: Polyimide layer

[Fig. 8]



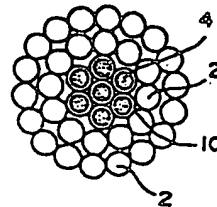
[Fig. 11]



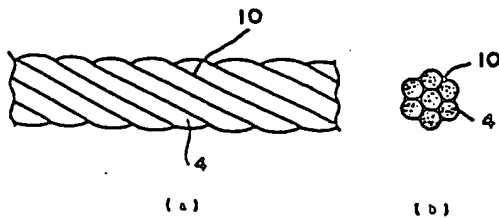
4: FRP wire  
10: Polyimide layer

[Fig. 9]

2: Aluminum wire element  
4: FRP wire  
10: Polyimide layer



[Fig. 10]



[Fig. 12]

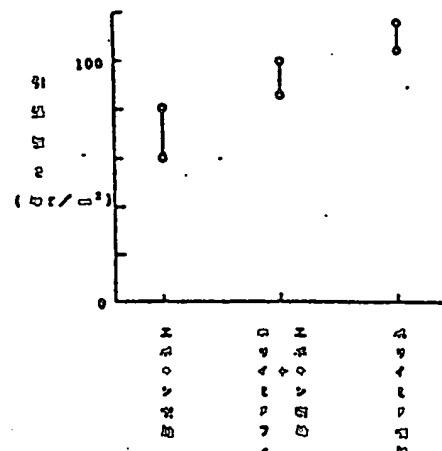
Vertical axis: Tensile strength (kgf/mm<sup>2</sup>)

Horizontal axis:

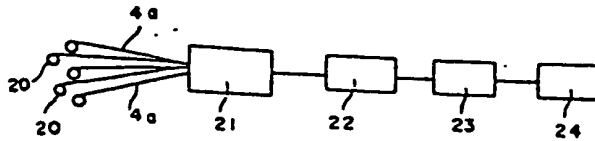
Left side: Epoxy resin  
Center: Polyimide film + epoxy resin  
Right side: Polyimide resin

(0.2 cm)

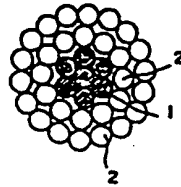
Diameter of wire element: 0.5 mm  
Carbon fiber: 15  $\mu$ m  
Volume ratio  $v_f=40\%$   
400°C x 1 minute retention



[Fig. 13]



[Fig. 14]



- 1: Galvanized steel wire
- 2: Aluminum element wire
- 4a: Fiber yarn
- 20: Bobbin
- 21: Pressurized dipping tank
- 22: Drying furnace
- 23: Polyimide coating device
- 24: Drying furnace

⑫ 公開特許公報(A)

平3-129606

⑬ Int.Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)6月3日

H 01 B 5/08

2116-5G

審査請求 未請求 請求項の致 4 (全7頁)

⑮ 発明の名称 架空送電線

⑯ 特 願 平1-228797

⑰ 出 願 平1(1989)9月4日

優先権主張 ⑱ 平1(1989)7月27日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 平1-195229

㉑ 発 明 者 下 嶋 清 志 茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線株式会社金属研究所内

㉒ 発 明 者 大 島 興 洋 茨城県日立市川尻町1500番地 日立電線株式会社豊浦工場内

㉓ 発 明 者 飛 田 修 二 茨城県日立市川尻町1500番地 日立電線株式会社豊浦工場内

㉔ 出 願 人 日立電線株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

㉕ 代 理 人 弁理士 佐藤 不二雄

明 細 書

1. 発明の名称 架空送電線

2. 特許請求の範囲

(1) テンションメンバーとしてアラミド繊維、シリコンカーバイド繊維あるいは炭素繊維の如き抗張力の大きな有線又は無線繊維を強度のある合成樹脂をバインダーとして結束して線状としたFRP(Fiber-Reinforced Plastic) 線を用いてなる架空送電線において、上記FRP線の単線あるいは複線の外周に金屈テープによる巻回あるいは纏添え等によってパイプ状の金属外被を設けてなる架空送電線。

(2) 外被として使用する金属テープとして穴明きテープを用いてなる請求項1記載の架空送電線。

(3) テンションメンバーとして、炭素繊維又はシリコンカーバイド繊維をエポキシ樹脂を母相として結束し、その上にポリイミド樹脂をコーティングし又はポリイミドフィルムをラ

ッピングしたFRP線を素線として撚合せた複線を用いてなる架空送電線。

(4) テンションメンバーとして、炭素繊維又はシリコンカーバイド繊維をエポキシ樹脂を母相として結束したFRP線を素線として撚合せ、これら撚合せ素線間をポリイミド樹脂で結合しあるいは撚合せ外周をポリイミドフィルムで被覆した複線を用いてなる架空送電線。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、架空送電線に関し、とくに送電線自体を軽量化し、架線弛度の低下を大巾に抑制し、鉄塔の高さそのものを現状よりも低くすることを可能にし得る改良された架空送電線に関するものである。

[従来の技術]

鉄塔間に架線し電源地より電力を送電する架空送電線は、従来より第14図に示すような鋼心アルミ複線が使用されてきた。すなわち、1はテンションメンバーとなる亜鉛メッキ鋼線であり、当



該亜鉛メッキ鋼線 1, 1 を融合せて鋼心とし、その外周に導電メンバーとしてのアルミ線 2, 2 を図のように融合させて鋼線に構成してなるものである。

近年、電力需要の増大は著しく、同じ送電線を用いてできるだけ送電容量を増加できるようにしたり、あるいは鉄塔の高さを可能な限り低く建設し、機体的な経費の節減を図ろうとする気運が次第に高まりつつある。

送電線の外径を太くすることなくあるいは鉄塔を高くすることなく、送電線の送電容量を増大させる手段として、

- (1) 鋼心の比強度（引張強さ／重量）を大きくし、細い鋼線によって十分な張力維持を可能ならしめ、当該鋼心を細くした分だけ導電メンバーとなるアルミ線の占める断面積を大きくする。
- (2) 鋼心として従来の亜鉛メッキ鋼線の代りに線膨張係数が鋼線のほぼ  $1/10$  であるアンバー線を用い、送電線の送電容量を増大させ

メンバーの占める断面積を大きくするという改善策には適用できない。また、アンバー線は重量において従来の亜鉛メッキ鋼線と同等であり、架線張力が同等に付加されねばならないという問題がある。(3) の FRP 線を用いる提案は、鋼線の種類によっては単位断面積における強度において鋼線よりも優るといわれており、(1) の提案あるいは(2) の提案に共に対応し得ると考えられる。しかし、このような FRP 線を結束するバインダーとしての役目をなすプラスチックは、上記(1)あるいは(2)の提案において使用されている金属と比較すると、耐熱性が極めて悪く高温下では発火する可能性もある。また、上記ポリエステル系やエポキシ系の樹脂をバインダーとする FRP 線は曲げや衝撃特性が悪く脆いという欠点がある。このため、かかる FRP 線をテンションメンバーとする送電線を製造する場合には、従来の送電線用の巻胴を有するドラムを使用することができず、また架線工事においても従来のように鋼線のホイールの径を大きくしたり、鉄塔に吊下

て通電による加熱が生じ、送電線全体が線膨張する場合に、前記線膨張係数の小さいアンバー線にテンションメンバーとしての役割を果させ、架線強度の低下を防止する。

- (3) 上記亜鉛メッキ鋼線やアンバー線の代りに重量が鋼線の  $1/5$  程度と極めて軽いアラミド線、炭素線などをポリエステル系樹脂あるいはエポキシ系樹脂のような強度の大きい樹脂により結束して線状とした FRP 線を用い、テンションメンバーとしての強度を確保しつつ電線そのものの重量を小さくし、結果的に電線の自重による強度の低下を小さくする。

といった種々な提案がなされている。

〔発明が解決しようとする課題〕

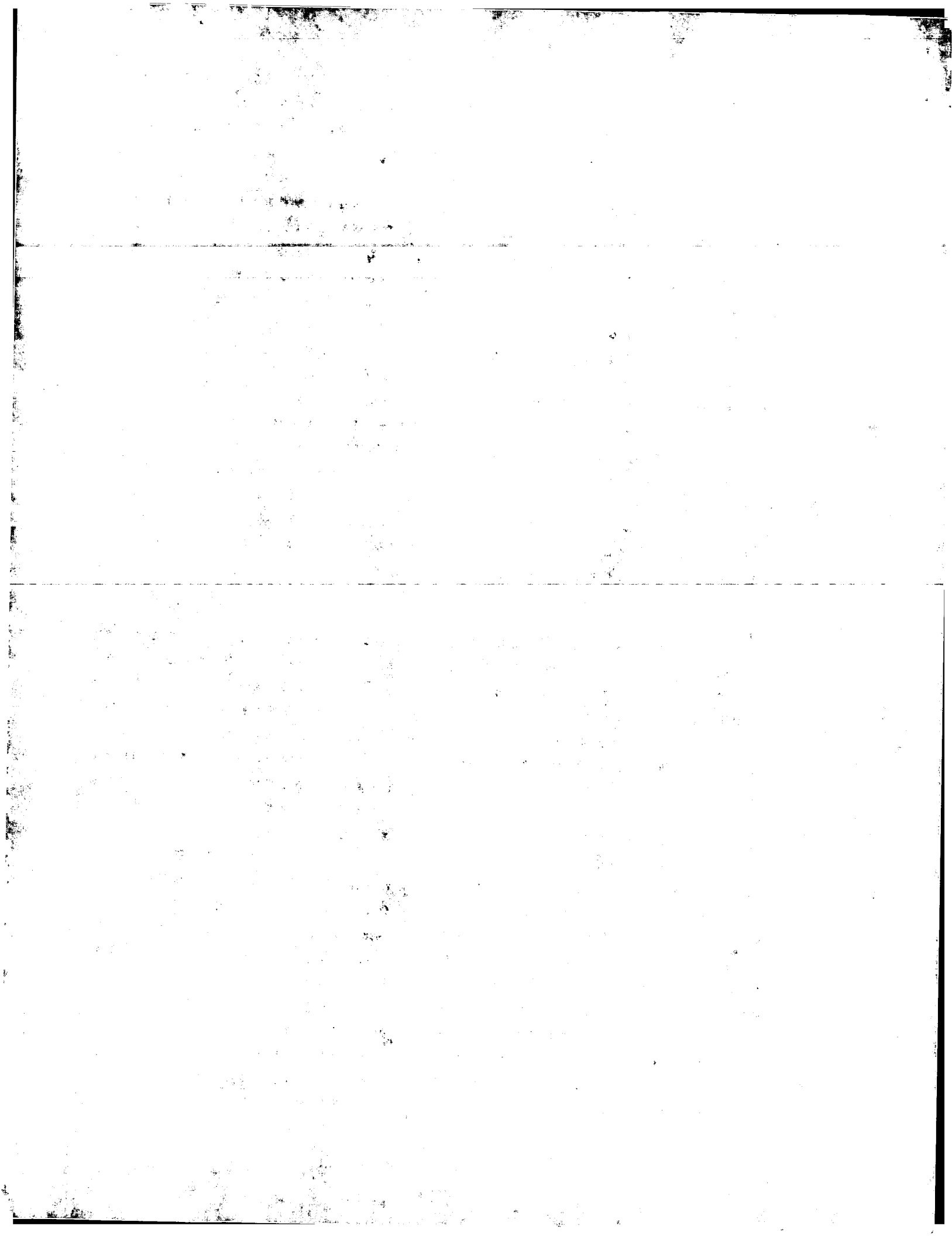
上記提案のうち(2)のアンバー線をテンションメンバーとする送電線はすでに実用化されているが、線膨張係数を下げることはできてもアンバー線そのものの強度は鋼線に比べると小さく、(1)の提案であるテンションメンバーを細くし、導電

する金線の半径をも大きくしたりして電線に強い曲げが付加されないように配慮する必要がある。

また、エポキシ系樹脂を用いても耐熱性に劣る点に問題があり、上記鋼線の耐熱性は  $1200 \sim 2500^\circ\text{C}$  と極めて高いにもかかわらず、FRP としてテンションメンバーとした電線の使用上の温度は高々  $150^\circ\text{C}$  程度であるため、線膨張係数を小さくしたことの効果は前記アンバー線程には発揮できない。

また、長時間の使用に対しても熱的劣化が予想され、長期間信頼性を必要とする架空送電線用テンションメンバーとしては欠点がある。

本発明の目的は、上記したような実情にかんがみ、テンションメンバーとして FRP 線を用いしかもほぼ従来の鋼心アルミ線と同等の製造装置を用いて製造し、あるいは同等の架線工具あるいは架線用部品を用いて延設あるいは架線することができる新規な FRP 線をテンションメンバーとして使用してなる架空送電線を提供しようとするものである。





## 〔課題を解決するための手段〕

本発明は、テンションメンバーとしてアラミド繊維、シリコンカーバイド繊維あるいは炭素繊維の如き抗張力の大きな有機又は無機繊維を強度のある合成樹脂をバインダーとして結聚して線状としたFRP線を用いてなる架空送電線において、上記FRP線の単線あるいは盤線の外周に金属テープによる巻回あるいは縦添え等によるパイプ状の金属外被を設けたものであり、またその外被として使用する金属テープとして穴明きテープを用いたものであり、あるいはまた、テンションメンバーとして、炭素繊維又はシリコンカーバイド繊維をエポキシ樹脂を母相として結聚し、その上にポリイミド樹脂をコーティングし又はポリイミドフィルムをラッピングしたFRP線を盤線として盤合せた盤線を用い、さらに、炭素繊維又はシリコンカーバイド繊維をエポキシ樹脂を母相として結聚したFRP線を盤線として盤合せ、これら盤合せ盤線間をポリイミド樹脂で結合しあるいは盤合せ外周をポリイミドフィルムで被覆した盤線を

であり、2はこれらテンションメンバーの周囲に盤合せされたアルミ系線である。

第2図は上記のようにしてテンションメンバーとして使用されるFRP線の具体的構成例の一を示すものであり、第2図(a)はその説明正面図、同図(b)はその端面図である。本実施例においては、金属テープを図のように窓に巻回しFRP線4の外周にパイプ状の金属外被3を形成した例を示すものである。

また、第3図は別な実施例を示すものであり、第3図(a)はその説明正面図、同図(b)はその端面図であって、本実施例においては金属テープを縦添えにし、その突合せ端線を接合させず同隙部3aを形成するようにしたものである。

上記のように、金属外被を押出被覆にみられるような密閉状態に被覆せず、巻回あるいは縦添えにより部分的な空隙が形成されるように構成するのは、バインダーとして使用されている樹脂から宿命的に発生するガスがパイプ状の金属外被内に封じ込められ、それが膨張して破裂するおそれの

用いたものである。

## 〔作用〕

FRP線の外周に金属テープよりなる金属外被を設けると、当該金属テープがバッファ層として作用し、FRP線の曲げや衝撃による脆さを著しく改善することができると共に、内部の樹脂の熱による劣化を効果的に防止し、長期間にわたり信頼性のあるFRP補強アルミ盤線を得ることができる。

また、上記金属テープに代えて、耐熱性に優れた強度の大きいポリイミド樹脂を用いても、上記バッファ層としての効果を十分に発現させることができる。

## 〔実施例〕

以下に、本発明について実施例を参照し説明する。

第1図は本発明に係る架空送電線の実施例を示す断面図である。

図において4は、テンションメンバーとなるFRP線、3はその外周に設けられた金属テープ

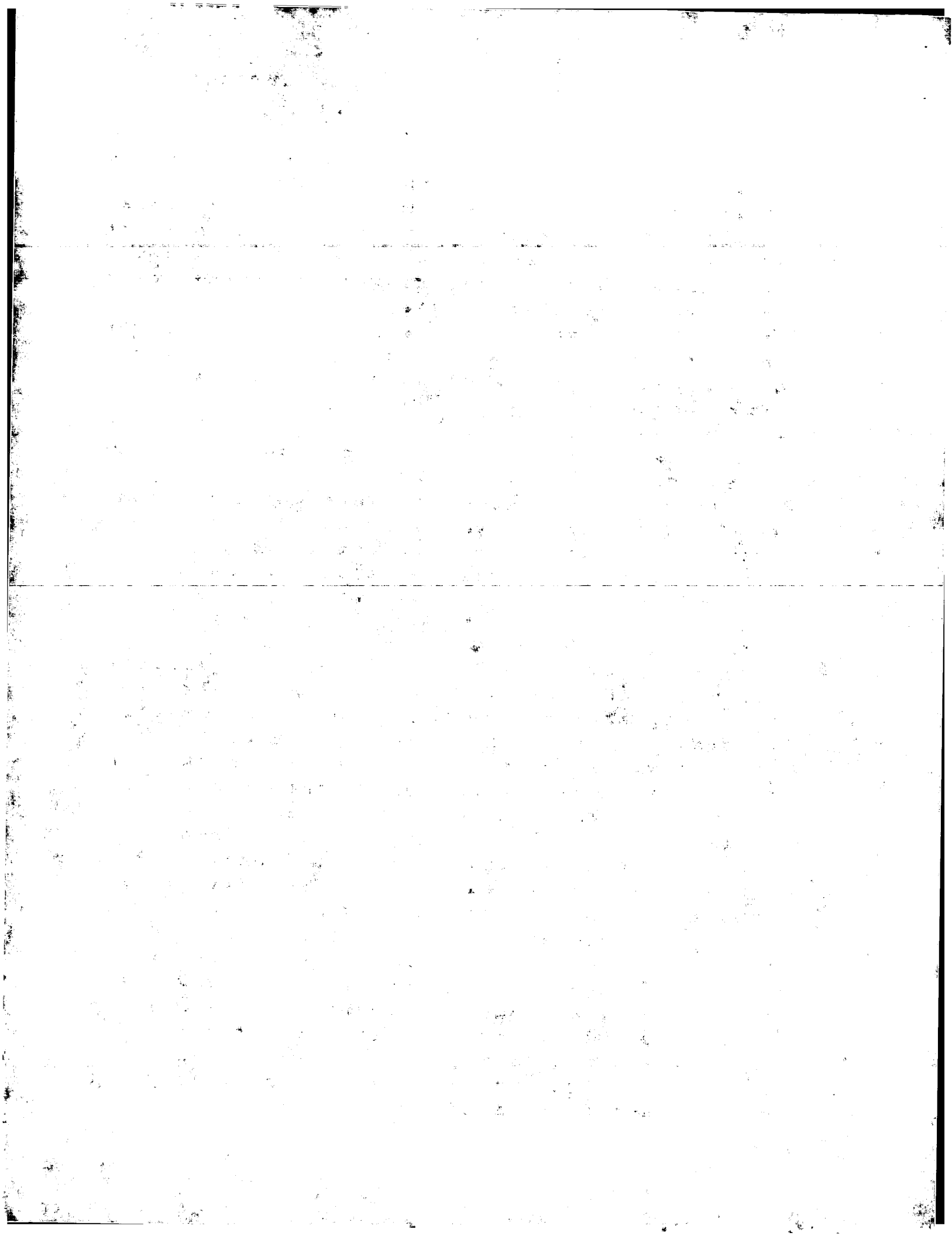
あるのを防止するためである。

従って、本発明においては、後述する穴明きテープを用いる場合以外、金属テープを溶接したりしてパイプ内部にFRP線を密閉するような状態にしないことが重要である。

第4および5図はさらに別な実施例を示すものであり、FRP線そのものを盤線として構成し、その盤線の外周に金属テープよりなる金属外被を形成した例をそれぞれ示すものである。

すなわち、第4図はFRP線4、4の盤線の外周に金属テープを巻回して金属外被3を形成したものであり、同図(a)はその説明正面図、(b)はその端面図である。第4図における5は介在プラスチックであるが、例えば金属テープを巻回するに当りエポキシ接着剤の如き接着剤をFRP線の外周に塗布し、その上に金属テープを巻回して金属外被3を設ければ接着剤そのものがその後硬化し介在プラスチック5を形成することができる。

第5図は、FRP線4、4を盤線に構成し、その外周に金属テープを縦添えしてその端線を重ね



合せ部3bとした例を示すものであり、第5図(a)はそのように形成した説明正面図、同じく(b)はその端面図である。

この場合においても重ね合せ部3bは単に重ね合せ状態にしておくのみに止め、溶接等をしないことが大切であり、このような重ね合せ部を形成しておくことでFRP膜より発生したガスがこの重ね合せ部3bより流れ出ることができるように形成しておく必要がある。

第6図は金属外被として使用する金属テープ3Aの別な実施例を示すものであり、同図(a)はその平面図、同図(b)は同図(a)のA-A断面図を示すものである。

本実施例においては、図に示すように金属外被を形成するためのテープ3Aそのものに穴6、6が形成されている。このような穴明き金属テープ3Aを使用する図には、FRPの外周に金属外被を形成するに当りシーム溶接するなどして接合部を溶接密封状態に形成しても、内部のFRPより発生したガスは、穴6、6より逃げることで

るから、ガスの封じ込めによる金属外被の膨張破裂のおそれを回避することができる。

なお、本発明に使用する金属外被にはアルミあるいはアルミ合金テープ、スチールテープあるいはさらにスチールテープの上に亜鉛メッキ等を施したテープなど適宜選択して使用すればよい。

また、本発明においては、すでに説明したようにFRP膜より発生したガスを封じ込めないように考慮する必要があり、テープ間をラップさせるにしてもラップ代についてはできるだけ小さくすることが望ましく、むしろ小間隙を設ける等の配慮をすることが望ましい。そして、本発明においてこのようにラップ代を小さくしたり間隙を設けたりしても強度特性を劣化させるおそれはない。

架空送電線のテンションメンバーであるFRP線の外周に金属外被を設ければ、FRP線そのものの長所を適切に発揚させ得ると共にその欠点を金属外被が適確に補完し、優良にして引張り強度の大きな架空送電線を製造することが可能になり、しかも長期的信頼性を確立することができる。

第7図は、本発明に使用するテンションメンバー用索線としての別な実施例を示すものであり、炭素繊維又はシリコンカーバイド繊維をエポキシ樹脂を母相として結集したFRP線4の外周にポリイミド層10をコーティングした例を示すものである。

ポリイミド樹脂は、軟化点が700℃であり、高温での強度低下が少なく、安定性の高い材料であり、耐熱エナメル線の被覆材料として従来より広く使用されているものである。

従って、このようなポリイミドをコーティングすることにより、上記した金属テープに比較すれば劣るとはいえ、バッファ層としての優れた効果を発揮し、FRP膜自体が有する前述した欠点を大巾に改善することができ、テンションメンバーとしての有用性を十分に発揚させることができる。この場合の繊維としては、強度や耐水性などの上から炭素繊維かシリコンカーバイド繊維を用いることが好ましい。

第8図は、ポリイミドをコーティングする代り

に、ポリイミドフィルムをラッピングし、ポリイミド層10を形成させたものであり、このようなラッピングによってポリイミド層10を形成しても差支えはないのである。

第9図は、上記したようにFRP線4上にポリイミド層10を形成した索線を組合せてテンションメンバーとし、その上にアルミ索線2、2を組合せた本発明に係る実施例電線の断面図を示すものである。

この実施例は、上記したようにFRP線4の単線ごとにポリイミド層10を被覆したものをを用いているが、例えば第10図に示すようにFRP線4、4を索線としてまず組合せ、これら索線間をポリイミド樹脂で結合しても差支えなく、同図(a)はそのように形成した実施例の正面見取図、同図(b)はその断面図を示したものである。

第11図は、さらに別な実施例を示すものであり、FRP線4、4を索線として並列せしめ、その外周をポリイミドフィルムで被覆してポリイミド層10を形成したものであり、同図(a)はそ



の説明見取図、同図 (b) はその断面図であって、このような構成としても差支はない。

第12図は、縦軸にその構成を示したFRP線の耐熱性試験を行なった結果を示すプロット図であるが、エポキシ樹脂含浸のみのFRP線に比べ、ポリイミドを被覆することにより耐熱性の向上を図り得ることがよくわかる。ポリイミドのみを含浸してFRP線とすれば、耐熱性は最高となるが、ポリイミドは非常に高価であり、経済性の点を考慮すると、上記した各実施例のような構成とすることが実用性の上からみて好ましいのである。

第13図は、本発明に係る実施例素線の製造方法の具体例を示す説明図であり、ポビン20、20より雌雄ヤーン4a、4aを送り出し、加圧含浸槽21においてエポキシ含浸を行なってダイスにより線条に絞り、乾燥炉22で乾燥させた後、ポリイミド塗布装置23（これはポリイミドテープ巻装置であってもよい）においてポリイミド層を被覆し、乾燥炉24において乾燥する。

なお、エポキシ含浸乾燥処理した後に新たな金

線をラッピングしながらあるいはラッピングした後にポリイミド層形成処理を行なうようにしても差支はない。

#### 〔発明の効果〕

以上の通り、本発明に係る架空送電線によれば、送電線自体を軽量化し、架線弛度の低下を大巾に抑制できることとなり、現状よりも高さの低い鉄塔を建設して十分な送電容量を確保できるという大きな特徴を発揮することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る架空送電線の実施例を示す断面図、第2図は本発明に使用するFRP線の実施例の一を示すものであり、(a)はその説明正面図、(b)はその端面図、第3図はさらに別な実施例を示すものであり、(a)はその説明正面図、(b)はその端面図、第4および5図はFRP線を被覆とした場合の2線の実施例を示すものであり、第4および5図において(a)はそれぞれの説明正面図、(b)はそれぞれの端面図、第6図(a)は本発明の金鼠外被として使用する

金鼠テープの別な実施例を示す平面図、同図(b)は同図(a)のA-A断面図、第7図はFRPへの被覆層としてポリイミド層を用いた別な実施例の断面図、第8図はポリイミドフィルムのラッピング層を設けた例を示す説明見取図、第9図はポリイミド被覆FRP線をテンションメンバーとした送電線の実施例を示す断面図、第10図(a)はポリイミド層により結合したFRP線の見取図、同図(b)はその断面図、第11図(a)はFRP線を並列させその外周にポリイミドテープをラッピングした例を示す説明見取図、同図(b)はその断面図、第12図は耐熱性試験結果を示すプロット図、第13図はポリイミド被覆FRP線の製造装置の原理説明図、第14図は従来の鋼心アルミ被覆の断面図である。

- 1：亜鉛メッキ鋼線、
- 2：アルミ素線、
- 3：金鼠外被、
- 3A：金鼠テープ、
- 4：FRP線、

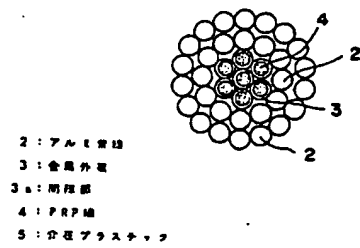
6：穴、

10：ポリイミド層。

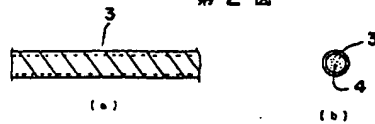
出願人 日立電線株式会社  
代理人 弁理士 佐藤不二雄



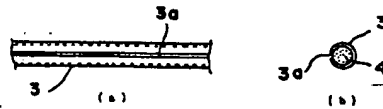
第1図



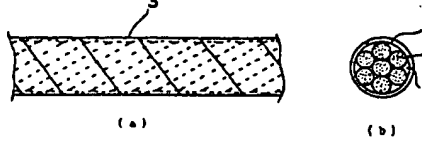
第2図



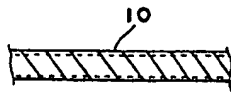
第3図



第4図

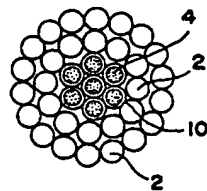


第8図

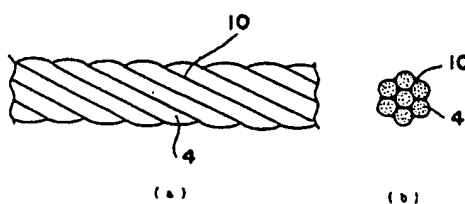


2: アルミ管  
4: PRP繊維  
10: ポリイミド層

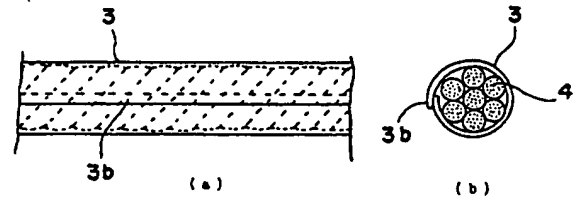
第9図



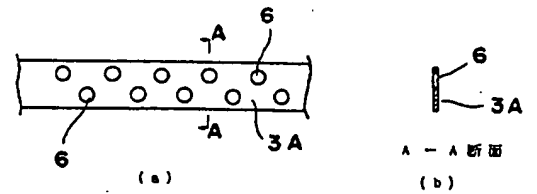
第10図



第5図



第6図

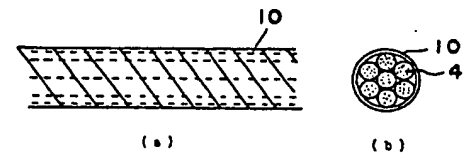


3: 金属外皮  
3A: 金属テープ  
3b: 重合セグ  
4: PRP繊維  
6: 穴  
10: ポリイミド層

第7図

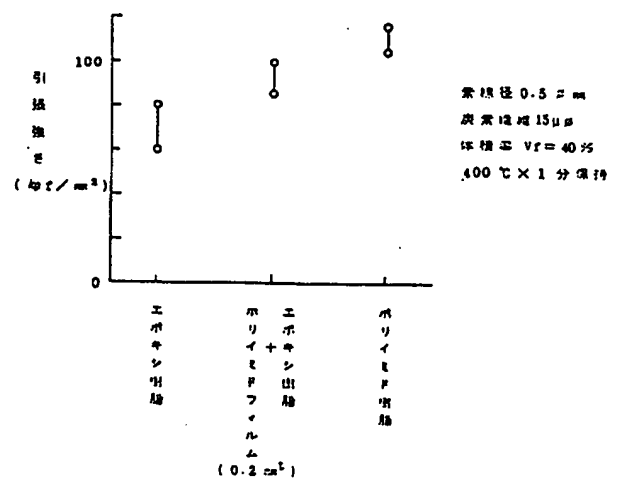


第11図



4: PRP繊維  
10: ポリイミド層

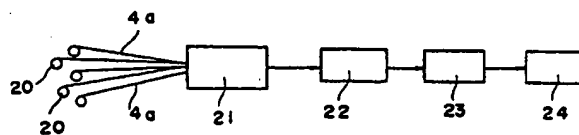
第12図







第13図



第14図

- 1 : 炭酸カルシウム層
- 2 : アルミ層
- 4a : 繊維ヤード
- 20 : 糸束
- 21 : 加圧装置
- 22 : 乾燥炉
- 23 : ポリイミド塗布装置
- 24 : 乾燥炉

